

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа: Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки: 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Отделение школы: Экспериментальной физики

**МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Using of copular models to solve the problems of forming an investments portfolio</b>

УДК 519.86:330.322.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM81	Мытницкая Мария Викторовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов Михаил Евгеньевич	к. ф.-м. н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Е. С.	к. э. н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С. В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трифонов А.Ю.	д.ф.-м.н., профессор		

**Томск – 2020**

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
0BM81	Мытницкой Марии Викторовне

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы: 30% премии; 20% надбавки; 16% накладные расходы; 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды 30,2%.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1.Потенциальные потребители результатов исследования; 2.Анализ конкурентных технических решений; 3.SWOT-анализ; 4.Оценка готовности проекта к коммерциализации.
2. Разработка устава научно-технического проекта	1.Цели и результат проекта; 2.Организационная структура проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	1.Структура работ в рамках научного исследования; 2.Определение трудоемкости выполнения работ; 3.План проекта; 4.Бюджет научного исследования; 5.Реестр рисков.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	1.Определение интегрального финансового показателя разработки; 2.Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; 3.Определение интегрального показателя эффективности.

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка услуг по моделям оценивания портфельного риска (табл. 6.1)
2. Оценочная карта для сравнения конкурентных решений (табл. 6.2)
3. SWOT-анализ (табл. 6.3)
4. Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации (табл. 6.4)
5. Инициализация проекта (табл. 6.5-6.7)
6. Комплекс работ по разработке проекта (табл. 6.8)
7. План проекта (табл. 6.9-6.10)
8. Расчет бюджета затрат НИ (табл. 6.11-6.15)
9. Реестр рисков (табл. 6.16)
10. Оценка сравнительной эффективности проекта (табл. 6.17-6.18)

### Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	К. Э. Н.		15.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM81	Мытницкая Мария Викторовна		15.03.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0BM81	Мытницкой Марии Викторовне

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	Экспериментальной физики
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Тема ВКР:

Применение копулярных моделей к решению задачи формирования инвестиционного портфеля	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются копулярные модели из семейства архимедовых копул. Области применения моделей – оценка риска инвестиционных портфелей.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ. (ред. от 27.12.2018); ГОСТ 12.2.032-78; ГОСТ 21889-76; ГОСТ 22269-76; ГОСТ 21958-76.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Отклонение показателей микроклимата; Отсутствие или недостаток естественного света; Недостаточная освещенность рабочей зоны; Превышение уровня шума.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия на окружающую среду при утилизации бумаги, люминесцентных ламп и картриджей.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Морозы; Диверсии; Пожары.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.02.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Романова Светлана Владимировна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM81	Мытницкая Мария Викторовна		

## ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код	Результаты обучения
<b><i>Общепрофессиональные компетенции</i></b>	
P1	Самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка. Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.
P5	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских работ по использованию математических методов и моделирования для решения задач, способность организовывать и руководить работой команды.
P6	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
<b><i>Профиль «Математические методы в экономике»</i></b>	
P9	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии использования математических методов в экономике, науке и технике
P10	Планировать и проводить теоретические исследования и компьютерные эксперименты при использовании математических методов в экономике, науке и технике

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит XX страниц, XX рисунков, XX таблиц, XX источника литературы и XX приложения.

**Ключевые слова:** копулярная модель, копула-функция, риск-метрики, инвестиционный портфель, моделирование.

**Объект исследования:** копулярные модели.

**Цель работы:** применение копулярных моделей к решению задачи формирования инвестиционного портфеля.

В работе использованы копула-функции для моделирования многомерной зависимости на примере финансовых временных рядах. Предложен алгоритм вычисления риск-метрики Conditional-Value-at-Risk (CVaR) с использованием копула-функций. Для оценки параметров копулярных моделей и проведения расчетов использован язык программирования R.

**Область применения:** мультидисциплинарная, в том числе финансовая математика и риск-менеджмент.

## **Abstract**

The final qualification work contains XX pages, XX figures, XX tables, XX source of literature and XX applications.

**Keywords:** copula model, copula function, risk metrics, investment portfolio, modeling.

**Object of study:** copula models.

**Aim of study:** application of copula models to solving the problem of forming an investment portfolio.

In this work, we used copula functions for modeling multidimensional dependence using financial time series as an example. An algorithm for calculating the risk metric Conditional-Value-at-Risk (CVaR) using copula functions is proposed. The programming language R was used to evaluate the parameters of copula models and perform calculations.

**Scope:** multidisciplinary, including financial mathematics and risk management.

## Contents

<b>Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Literature review.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Objects and methods of research.....</b>	<b>15</b>
<b>3 Methodology .....</b>	<b>16</b>
3.1 Collection and preparation of initial data .....	16
3.2 Estimation of marginal distribution parameters.....	17
3.3 Pair-copulas and vines .....	18
3.4 Model selection and parameter estimation .....	22
<b>4 Numerical research of copula models .....</b>	<b>24</b>
4.1 Initial data.....	24
4.2 Model selection .....	25
4.3 Formation of an investment portfolio .....	27
<b>5 Финансовый менеджмент.....</b>	<b>30</b>
5.1 Предпроектный анализ .....	31
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	31
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	32
5.1.3 SWOT-анализ .....	33
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	35
5.2 Инициализация проекта .....	37
5.2.1 Цели и результат проекта.....	37
5.2.2 Организационная структура проекта.....	38
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	38
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	39

5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	40
5.3.3	План проекта .....	41
5.3.4	Бюджет научного исследования.....	44
5.3.5	Реестр рисков .....	48
5.4	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	48
5.5	Выводы.....	51
<b>6</b>	<b>Социальная ответственность .....</b>	<b>54</b>
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	54
6.2	Производственная безопасность .....	58
6.2.1	Отклонение показателей микроклимата .....	59
6.2.2	Отсутствие или недостаток естественного света .....	61
6.2.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	61
6.2.4	Превышение уровня шума.....	65
6.3	Экологическая безопасность .....	67
6.4	Защита в чрезвычайных ситуациях.....	67
6.4.1	Пожарная безопасность.....	68
6.5	Выводы и рекомендации .....	70
<b>Conclusion.....</b>		<b>71</b>
<b>Publications.....</b>		<b>72</b>
<b>References .....</b>		<b>73</b>
<b>Приложение А .....</b>		<b>78</b>
<b>Приложение В .....</b>		<b>79</b>



## **Introduction**

There are many different models for building optimal portfolios such as the Markowitz model, GARCH and ARMA models. Investment risk can also be assessed in various ways. The most popular of them are the historical modeling model and the Monte Carlo method. At present, to create an investment portfolio and assess risk, copious models have been increasingly used. The theorem formulated in 1959 by A. Sklar that the set of marginal distributions can be expressed in terms of the multidimensional distribution function using copula functions has now become very popular. The fact that the partial distributions of copula functions do not have to belong to one family of distributions makes it possible to more flexibly model the structure of the dependence between variables. Consequently, the investment portfolio should also become more flexible in relation to financial data fluctuations.

To assess investment risk, a risk measure such as Value-at-Risk is widespread. It summarizes the worst losses over a period of time at a given level of confidence. VaR is used in many financial institutions, as it is quite easy to calculate. But like many methods for forming investment portfolios, VaR works best if the data obeys the normal distribution law. In the case of abnormal returns, VaR has a number of disadvantages. In order to avoid possible difficulties, another risk measure was proposed - Conditional-Value-at-Risk. It is calculated based on VaR, but satisfies the properties of sub-additivity and convexity.

CVaR is used for abnormal data, so you need to track the non-linear relationship between asset tails. Copula models are well suited for this: specifically the Archimedean copula family.

The general problem of using copula models, like any other models in real practice, is the requirement to find estimates of unknown parameters with the best statistical properties. But unlike other models - copula models are distinguished by the novelty of use and a more flexible structure.

Students of Tomsk Polytechnic University have already carried out work on the formation of investment portfolios using copula models [40, 41]. To evaluate the parameters of the copula function, they used the parametric method. In this study, we

propose a method for estimating the parameters of copula functions using a semi-parametric method. This work is comparative in nature, therefore, the data were chosen in such a way as to compare the results with the results of [40].

In order to understand the history of the emergence of the copula function in the first chapter of this study, a literary review of the very first and also the latest sources of literature was performed. At the end of the chapter, the goal of the work was formed and the tasks necessary for its achievement were set.

In the second chapter, an analysis of objects and research methods was performed. Possible particular distributions and paired copulas suitable for our study were highlighted.

In the third chapter, we described the research methodology. Basic definitions and algorithms have been described. The selection of the structure of the copula model and marginal distributions is given in detail.

The practical application of the copula model is described in the fourth chapter. It also describes the processing of source data, the calculation of the basic mathematical characteristics, the choice of marginal distributions and the structure of the model. The construction of the investment portfolio: equilibrium and optimal. Calculation of the risk measure.

Evaluation of the resource efficiency of the study given in the fifth chapter showed that this project is more effective than the other two student work related to the copulas. Small and medium-sized companies (banks), as well as private investors, were identified as potential consumers of the project.

The sixth chapter describes the section of social responsibility. It was an analysis of harmful and dangerous effects.

In conclusion, we collected all the results obtained during the study and conducted an analysis of the investment risk assessment. References, including the author's publications, is given after the conclusion.

## **1 Literature review**

Factor analysis or principal component analysis is used to represent multivariate dependence of random variables. Recently, the theory of copulas has been developed to represent multivariate dependence. In this study, we employed this theory.

Consider copula functions in more detail.

In 1940, copula functions were first described in [1] by D. Hoeffding. In 1959, A. Sklar formulated and proved the theorem that a collection of marginal distributions can be expressed through a single multidimensional distribution using a copula function [2].

Introduction to the theory of copula functions was presented in the works by Joe in 1997 [3] and by Nelson in 1999 [4]. Their studies were among the first and most complete in foreign literature. In domestic literature, D. Fantazzini was one of the first who began to study copula functions. In 2009–2010, he published several papers in English and in Russian [5, 6, 7, 37, 38].

The theory of copulas appeared in the end of 20th century and has become very popular since then. Currently, the number of studies that use copula functions is increasing every year. Copulas are used in different subject areas, such as finance and insurance, biostatistics, hydrology and climatology [8, 9].

Consider the family of copula functions in more detail.

The copulas of elliptic distributions are called elliptical copulas. A feature of the family of elliptic copulas is the availability of distribution symmetry. The main representatives of this family are Gaussian (normal) copula and t-copula (or Student's copula). The name of the Gaussian copula originated from the name of the distribution selected as a marginal distribution. Student's copula was similarly defined.

Most of the existing methods for describing financial time series in optimization or risk assessment are connected with a normal (Gaussian) distribution [39]. However, many empirical studies have shown that the Gaussian distribution has many disadvantages in describing the dependence of financial time series [10]. In [11], the authors report about inadequacy of such methods due to abnormality of distribution. In

[12], the authors note that the use of Gaussian copula is possible only if linear correlation completely explains the dependence of random variables.

In addition, it is considered that Gaussian and t-Student copulas, which are related to the category of multivariate copulas based on one distribution, do not have the necessary flexibility to model the dependence between a large number of variables [13]. In most cases, the t-Student copula is more suitable than the Gaussian one, which is not recommended by the EBA standard for modeling financial risks [14].

The Archimedean copula family includes the copulas of Clayton, Gumbel, Frank, and Ali-Michael-Hack [15]. Unlike elliptical copulas, Archimedean copula functions can be represented in analytical form and do not require the distribution symmetry, which is an advantage since the correlation between losses is stronger than that between profit [16]. The downside is that the distribution symmetry is crucial to model “heavy tails”, which can often be seen in financial data.

At present, we can say that the theory of copulas has been sufficiently investigated. However, the problem of estimating the parameters of the copula function is still open. To estimate the parameters of copula models, it is required to find estimates of unknown parameters with the best statistical properties. In recent years, different methods have been proposed for estimating the parameters of copula functions: parametric [17, 18, 38], semi-parametric [19, 38], and nonparametric [20]. Currently, many studies focus on the use of a combination of methods to save computing time [37].

We consider two main approaches of the parametric estimation method: Maximum Likelihood Estimation (MLE) and Inference for Margin (IFM). The approaches are different: the MLE method maximizes the likelihood function by marginal distributions and copula functions, whereas the IFM method breaks the parameterization into two stages and sequentially parameterizes the copula function after marginal distribution.

Semi-parametric methods are used if the type of marginal distribution is not identified. This helps to avoid incorrect definition of distribution specifications. Similar to the IFM method, semi-parametric methods are based on sequential

parameterization of marginal distributions and copula functions. Unlike parametric methods, semi-parametric methods do not make assumptions about the parametric form of marginal distributions. Therefore, when defining the parameters of marginal distributions, we actually estimate empirical distributions. In contrast to parametric methods, semi-parametric methods give more consistent and stable estimates.

At present, nonparametric methods are some of the least used methods. Similar to semi-parametric methods, they imply two-stage parameterization according to the principle of the IFM method. At both stages, the empirical distributions are estimated: at the first stage – for marginal distributions, at the second stage – for copula functions. The nonparametric method used for estimating copulas are described in [21].

The importance of choosing the right copula for risk management was shown in [22], in which a portfolio of stocks, bonds, and real estate transactions was calculated. Copulas of Gauss, Student, and Gumbel were tested to simulate daily returns, which approximate the data for the above assets. According to VaR calculations, it was found that the Gaussian copula is too optimistic about the benefits of asset diversification, while Gumbel's copula is too pessimistic. An analytical solution to finding a measure of risk sensitivity – CVaR – was presented in [23], where the authors suggest that a multidimensional random variable belongs to one of the following distributions – normal (Gaussian), stable, and Student.

In [40], the formation of an investment portfolio and CVaR risk assessment were carried out. The parameters of the copula functions were estimated using the parametric method. In our work, we want to evaluate the parameters of copula functions using a semi-parametric method. To conduct a comparative analysis of the results obtained, we will use the data presented in [40] as initial data. These are stock futures for companies: Gazprom PJSC, MMC Norilsk Nickel PJSC, Sberbank PJSC and RTS index. This sample has daily close values and covers the period of two years since December 16, 2015 to December 16, 2017 (504 observations). Thus, we can compare two methods for estimating parameters: parametric and semi-parametric.

The study aims at using copula models to solve the problems of forming an investments portfolio.

To achieve the aim, it is necessary to successively solve the following tasks:

- 1) Perform an analytical review of literary sources in the field of building copula models.
- 2) Choose a method for estimating the copula model (parametric, semi-parametric, non-parametric);
- 3) Statistically evaluate the quality of the constructed copula model;
- 4) Calculate the assessment of risk measures (CVaR) of the investment portfolio using the proposed copula model;
- 5) Prepare a conclusion on the work done.

## **2 Objects and methods of research**

This study explores a model for assessing investment risk through the use of copula models. As the initial data, time series of daily prices for futures contracts were used. When modeling, the following copula functions were employed:

- 1) Student's t-copula;
- 2) Gumbel's copula;
- 3) Clayton's copula.

To describe the log-returns of financial time series, the following four-parameter distributions were considered:

- 1) hyperbolic;
- 2) Johnson distribution;
- 3) Meixner distribution.

The parameters of these marginal distributions, as well as the copula of functions, will be estimated using a semi-parametric approach. To represent the copula functions, we will use graph models. When modeling hierarchical copulas, we allow the use of a real number as a degree of freedom. The measure of risk - CVaR - will be calculated in relation to the optimal portfolio of the selected futures contracts. To determine the shares of the optimal portfolio, we formulate and solve the optimization problem of linear programming. As an optimal portfolio, we will use a portfolio that has a minimum CVaR value with given constraints. To calculate point and interval estimates and characteristics of the CVaR risk measure, we will use the Monte Carlo method applied to the optimal portfolio.

All that initial data regarding the futures prices were collected from the Finam Holdings service. The programming language R was chosen as the development environment. Work with it was carried out in the RStudio program. Such libraries as

- 1) VineCopula;
- 1) Psych;
- 2) Quantmod;
- 3) PerformanceAnalytics;

were used in this study.

### 3 Methodology

#### 3.1 Collection and preparation of initial data

First, initial time series should be converted to logarithmic returns. In this way, we can obtain the data set we can further use in marginal distribution parameters estimation. Eq. (3.1) transforms a price series  $p$  into log-returns  $r$  series for each asset:

$$r_{t,i} = \log \frac{p_{t,i}}{p_{t-1,i}}, \quad (3.1)$$

where  $i \in 1, d$ ,  $d$  is the number of assets, in our case  $d=4$ ;

$t \in 1, T$ ,  $T$  is a time point, in our case  $T=504$ ;

Since financial time series have a nonlinear dependence which is not covered by usual Pearson's correlation coefficient, we use rank correlation coefficients: Kendall's  $\tau$  and Spearman's  $\rho$ . Following to [24], in further calculations, we used Kendall's  $\tau$ . Let  $X$  and  $Y$  be two random variables defined in some probability space. Then Spearman's rank correlation  $\rho$  coefficient is defined as follows [25]:

$$\rho = r(\text{rg}_X, \text{rg}_Y) = \frac{\text{cov}(\text{rg}_X, \text{rg}_Y)}{\sigma_{\text{rg}_X} \sigma_{\text{rg}_Y}}, \quad (3.2)$$

where  $r(x,y)$  – Pearson's correlation;

$\text{rg}_X, \text{rg}_Y$  – rank's of random variables  $X$  and  $Y$ ;

$\text{cov}(\text{rg}_X, \text{rg}_Y)$  – covariance of ranks;

$\sigma$  – standard deviation.

For two independent pairs  $(X_a, X_b)$  and  $(Y_a, Y_b)$  of the same random variables  $X$  and one can calculate Kendall's [26]:

$$\begin{aligned} \tau &= P[(X_a - X_b)(Y_a - Y_b) > 0] - P[(X_a - X_b)(Y_a - Y_b) < 0], \\ &= r(\text{sgn}(X_a - X_b), \text{sgn}(X_a - X_b)), \end{aligned} \quad (3.3)$$

where  $r(x,y)$  – Pearson's correlation;

$\text{sgn}(\cdot)$  – real numbers sign.

In contrast to Pearson's correlation, both of these rank coefficients are less sensitive to strong outliers which are the features of financial time series. This is due



to deviations and outliers limited by Spearman's  $\rho$  and Kendall's  $\tau$  coefficients to their rank [11]. According to [24], in further calculations we will use Kendall's  $\tau$ .

### 3.2 Estimation of marginal distribution parameters

Various non-normal distributions have been proposed for modeling extreme events, we choose the Hyperbolic [27], Johnson and Meixner [28] distributions as the three possible forms of marginal distributions. These types of distribution are able to handle financial data features, such as heavy tails and skewness [23].

The hyperbolic distribution  $H(\pi, \zeta, \mu, \delta)$  is determined by four parameters:  $\pi$  shows the steepness,  $\zeta$  - asymmetry,  $\mu$  - location and  $\delta$  - the scale. The distribution is symmetrical about  $\mu$  if the asymmetry parameter  $\zeta = 0$ . Eq. (3.4) describes the probability density function of the univariate hyperbolic distribution:

$$f_H(x|\pi, \zeta, \mu, \delta) = \frac{1}{2\sqrt{1+\pi^2} K_1(\zeta)} e^{-\zeta \left[ \sqrt{1+\pi^2} \sqrt{1+\left(\frac{x-\mu}{\delta}\right)^2} - \pi \frac{x-\mu}{\delta} \right]}, \quad (3.4)$$

where  $K_1$  is the 1<sup>st</sup> order modified Bessel function of the third kind [25];

$$\pi \in \mathbb{R}, \zeta > 0, \delta > 0, \mu \in \mathbb{R}.$$

A Johnson SU distribution  $J(\gamma, \xi, \delta, \lambda)$  has four parameters:  $\gamma$  - the shape,  $\xi$  - the location,  $\delta$  - the shape,  $\lambda$  - the scale. Eq. (3.5) describes the density of the Johnson SU distribution:

$$f_J(x|\gamma, \xi, \delta, \lambda) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi} \sqrt{1+\left(\frac{x-\xi}{\lambda}\right)^2}} e^{-\frac{1}{2} \left( \gamma + \delta \sinh^{-1} \left( \frac{x-\xi}{\lambda} \right) \right)^2}, \quad (3.5)$$

$$\gamma \in \mathbb{R}, \xi \in \mathbb{R}, \delta > 0, \lambda > 0.$$

A Meixner distribution  $M(\alpha, \beta, \delta, \mu)$  has four parameters:  $\mu$  is the location parameter,  $\alpha$  - the scale,  $\beta$  - the skewness and  $\delta$  - the shape parameter [28]. Eq. (3.6) describes the density of the Meixner distribution:

$$f_M(x|\mu, \alpha, \beta, \delta) = \frac{\left(2 \cos \frac{\beta}{2}\right)^{2\delta}}{2\alpha\pi\Gamma(2\delta)} \exp\left(\frac{\beta(x-\mu)}{\alpha} \left| \Gamma\left(\delta + i \frac{x-\mu}{\alpha}\right) \right|^2\right), \quad (3.6)$$

where  $\Gamma$  is the gamma function for complex arguments;

$$\alpha > 0, |\beta| < \pi, \delta > 0, \mu \in \mathbb{R}.$$

Parameters for hyperbolic and the Johnson distribution have been estimated by the Nelder Mead method, for the Meixner distribution — by the Cramér– von Mises distance. In these tests, we will compare empirical observations – directly real logarithmic returns, with the values of model data obtained using these distributions.

### 3.3 Pair-copulas and vines

Many copulas can reflect the dependence of not only two, but several values at once. At the same time, we know that standard copulas imply some symmetry of distributions. That is, all pairwise dependencies will have the same pattern. However, in practice, this is not always true. To overcome this problem, it was proposed to split a joint copula into a set of two-dimensional copulas, the so called pair-copulas.

The use of pair-copulas allows a much more flexible dependency structure than the structure of permutable or hierarchically embedded Archimedean copula functions. Using paired copula functions, we can decompose the multidimensional density into the product  $n(n-1)/2$  of two-dimensional copula functions.

Express the four-dimensional joint density. To begin with, the distribution density of several variables can be expressed as follows:

$$f(x_1, \dots, x_n) = f(x_n) f(x_{n-1} | x_n) f(x_{n-2} | x_{n-1}, x_n) \dots f(x_1 | x_2, \dots, x_n). \quad (3.7)$$

According to Sklar's theorem [2], it is known that

$$f(x_1, \dots, x_n) = c_{1, \dots, n}(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \cdot f_1(x_1) \dots f_n(x_n). \quad (3.8)$$

Then four-dimensional density can be expressed as follows:

$$f(x_1, \dots, x_4) = f(x_4) f(x_3 | x_4) f(x_2 | x_3, x_4) f(x_1 | x_2, x_3, x_4), \quad (3.9)$$

$$f(x_1, \dots, x_4) = c_{1, \dots, 4}(F_1(x_1), F_2(x_2), F_3(x_3), F_4(x_4)) f(x_1) f(x_2) f(x_3) f(x_4). \quad (3.10)$$

Rewrite Eq. (3.6) using pair-copulas. To do this, transform the conditional densities as follows:

$$\begin{aligned} f(x_3 | x_4) &= \frac{f(x_3, x_4)}{f_4(x_4)} = \frac{c_{3,4}(F_3(x_3), F_4(x_4)) \cdot f_3(x_3) f_4(x_4)}{f_4(x_4)} \\ &= c_{3,4}(F_3(x_3), F_4(x_4)) \cdot f_3(x_3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(x_2|x_3, x_4) &= \frac{f(x_2, x_3|x_4)}{f(x_3|x_4)} = \frac{c_{2,3|4}(F(x_2|x_4), F(x_3|x_4)) \cdot f(x_2|x_4)f(x_3|x_4)}{f(x_3|x_4)} \\
&= c_{2,3|4}(F(x_2|x_4), F(x_3|x_4)) \cdot f(x_2|x_4) \\
f(x_1|x_2, x_3, x_4) &= \frac{f(x_1, x_2|x_3, x_4)}{f(x_2|x_3, x_4)} \\
&= \frac{c_{1,2|3,4}(F(x_1|x_3, x_4), F(x_2|x_3, x_4)) \cdot f(x_1|x_3, x_4)f(x_2|x_3, x_4)}{f(x_2|x_3, x_4)} \\
&= c_{1,2|3,4}(F(x_1|x_3, x_4), F(x_2|x_3, x_4)) \cdot f(x_1|x_3, x_4)
\end{aligned}$$

The four-dimensional joint density can be represented as follows:

$$\begin{aligned}
f(x_1, \dots, x_4) &= f(x_4) \cdot c_{3,4}(F_3(x_3), F_4(x_4)) \cdot f_3(x_3) \cdot c_{2,3|4}(F(x_2|x_4), F(x_3|x_4)) \cdot \\
&f(x_2|x_4) \cdot c_{1,2|3,4}(F(x_1|x_3, x_4), F(x_2|x_3, x_4)) \cdot f(x_1|x_3, x_4) = \\
&= f(x_4) \cdot f_3(x_3) \cdot f_2(x_2) \cdot f_1(x_1) \\
&\cdot c_{3,4}(F_3(x_3), F_4(x_4)) \cdot c_{2,4}(F_2(x_2), F_4(x_4)) \cdot c_{1,4}(F_1(x_1), F_4(x_4)) \cdot \\
&c_{2,3|4}(F(x_2|x_4), F(x_3|x_4)) \cdot c_{1,3|4}(F(x_1|x_4), F(x_3|x_4)) \cdot \\
&c_{1,2|3,4}(F(x_1|x_3, x_4), F(x_2|x_3, x_4))
\end{aligned} \tag{3.11}$$

In Eq. (3.8), the third line exhibits marginals; the fourth line – unconditional pairs; the last lines – conditional pairs.

Eq.(3.8) shows that all the elements in Eq. (3.6) can be represented as a product of paired copulas and marginal density. The decomposition proposed in Eq. (3.8) is called the decomposition of pair-copulas functions.

The decomposition presented in Eq.(3.8) is not unique, there are many similar PCCs (pair-copulas construction). To classify them, in 2001 in [29, 30] Bedford and Cooke introduced the graphical model called vine [31, 32].

Vines arrange the  $d(d-1)/2$  pair-copulas of a  $d$ -dimensional PCC in  $d-1$  linked trees (acyclic connected graphs with nodes and edges). Nodes of such a tree are marginal distributions and edges are pair-copulas.

Let's talk about three types of vines: C-vine, D-vine and R-vine.

Start with C-vine or canonical vine. In this case, the tree has one node and  $d-1$  edges. An example of decomposition into a C-vine is presented in Eq. (3.8). Graphically, it looks as follows:

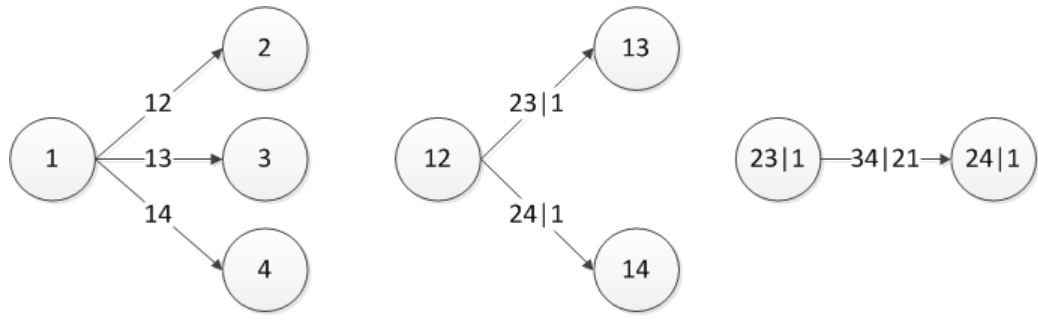


Figure 3.1 – Four-dimensional C-vine trees

Such a structure for describing vines is also called a star-shaped. The procedure for generating observations with density in the form of C-vine and the procedure for estimating parameters using the maximum likelihood function were described in detail in [33].

D-vine is a vine in which any tree does not have a node connected to more than two edges. D-vine has the following form (for four-dimensional joint density):

$$\begin{aligned}
 f(x_1, \dots, x_4) = & f(x_4) \cdot f_3(x_3) \cdot f_2(x_2) \cdot f_1(x_1) \cdot \\
 & c_{1,2}(F_1(x_1), F_2(x_2)) \cdot c_{2,3}(F_2(x_2), F_3(x_3)) \cdot c_{3,4}(F_3(x_3), F_4(x_4)) \cdot \\
 & c_{1,3|2}(F(x_1|x_2), F(x_3|x_2)) \cdot c_{2,4|3}(F(x_2|x_3), F(x_4|x_3)) \cdot \\
 & c_{1,4|2,3}(F(x_1|x_2, x_3), F(x_4|x_2, x_3))
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

Graphically, it looks as follows:

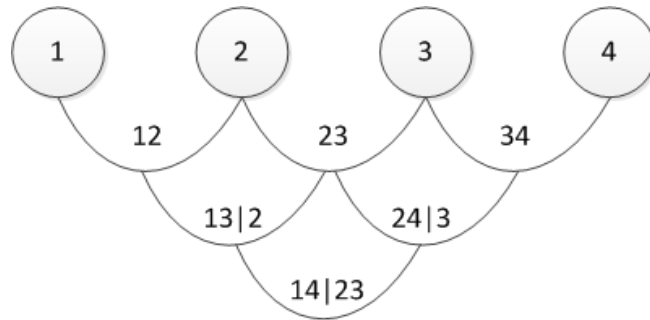


Figure 3.2 – Four-dimensional D-vine tree

The procedure for generating observations with density in the form of D-vine and the procedure for estimating parameters using the maximum likelihood function are also described in detail in the AEC.

We can conclude that C- and D-vines differ only in the order of determination of pair dependencies.

R-vine is a combination of C- and D-vines. Such a structure is the most common example of a maximum covering tree. The main advantage of hierarchical copulas is that each of its components is a pair-copulas with a distribution independent of other components. Such copulas are easier to interpret and visualize; to date, there are many different approaches to working with them [34, 35, 24]. Moreover, due to the possibility of choosing different distributions for each pair-copulas, the flexibility of the copula model under consideration increases significantly.

In this study, we choose between C- and D-vine as the model structure. As paired copulas, we will use the copulas of Student, Gumbel, Clayton, Clayton-Gumbel and Frank. The t-copula belong to the family of elliptical copulas. A two-dimensional (pair) copula C is called elliptical if the distribution function is

$$C(u, v | \delta) = \varphi(\varphi^{-1}(u | \delta), \varphi^{-1}(v | \delta) | \delta). \quad (3.13)$$

Then distribution function of t-copula:

$$C(u, v | \theta, \delta) = t(t^{-1}(u | \theta, \delta), t^{-1}(v | \theta, \delta) | \theta, \delta). \quad (3.14)$$

The copulas of Clayton, Gumbel, Clayton-Gumbel and Frank belong to the family of Archimedean copulas. Give some definitions. A two-dimensional (pair) copula C is called Archimedean if the distribution function is

$$C(u, v | \theta, \delta) = \varphi(\varphi^{-1}(u | \theta, \delta) + \varphi^{-1}(v | \theta, \delta) | \theta, \delta). \quad (3.15)$$

Using Eq. (3.15) we write the definitions of paired copulas of Clayton, Gumbel, Clayton-Gumbel and Frank:

1) Clayton's copula.

$$\varphi(s) = \varphi(s | \delta) = (1 + s\delta)^{-\frac{1}{\delta}}, \quad \varphi^{-1}(t | \delta) = \frac{1}{\delta} \left( t^{-\delta} - 1 \right)$$

$0 \leq u, v, t \leq 1; \delta \geq 0$  than,

$$C(u, v | \delta) = \left( u^{-\delta} + v^{-\delta} - 1 \right)^{-\frac{1}{\delta}}. \quad (3.16)$$

2) Gumbel's copula.

$$\varphi(s) = \varphi(s | \delta) = \exp\left(-s^{\frac{1}{\delta}}\right), \quad \varphi^{-1}(t | \delta) = (-\log t)^{\delta}$$

$0 \leq u, v, t \leq 1; \delta \geq 1$  than,

$$C(u, v | \delta) = \exp \left( - \left( (-\log u)^\delta + (-\log v)^\delta \right)^{\frac{1}{\delta}} \right). \quad (3.17)$$

3) BB1 copula (Clayton-Gumbel).

$$\varphi(s) = \varphi(s | \theta, \delta) = \left( 1 + s^{\frac{1}{\delta}} \right)^{-\frac{1}{\theta}}, \quad \varphi^{-1}(t | \theta, \delta) = \left( t^{-\theta} - 1 \right)^\delta$$

$0 \leq u, v, t \leq 1; \theta > 0; \delta \geq 0$  than,

$$C(u, v | \theta, \delta) = \left( 1 + \left( \left( u^{-\theta} - 1 \right)^\delta + \left( v^{-\theta} - 1 \right)^\delta \right)^{\frac{1}{\delta}} \right)^{-\frac{1}{\theta}}. \quad (3.18)$$

4) Frank's copula.

$$\varphi(s) = \varphi(s | \delta) = -\delta^{-1} \log(1 - (1 - e^{-\delta})e^{-s}), \quad \varphi^{-1}(t | \delta) = -\log \left( \frac{1 - e^{-\delta t}}{1 - e^{-\delta}} \right)$$

$0 \leq u, v, t \leq 1; \theta \geq 1; -\infty < \delta < \infty$  than,

$$C(u, v | \theta, \delta) = -\delta^{-1} \log \left( \frac{1 - e^{-\delta} - (1 - e^{-\delta u})(1 - e^{-\delta v})}{1 - e^{-\delta}} \right). \quad (3.19)$$

### 3.4 Model selection and parameter estimation

The copula model consists of the structure (vines), copula families and parameters of the copula functions.

When choosing a model, problems such as a large number of possible vines and a large number of pair-copulas may arise. Start by choosing the model structure. Usually the choice of vines begins with pairs with the strongest correlation, and if we talk about trees – the largest weight of the node.

To determine the correlation (node weight), one of the following methods can be employed:

- 1) Kendall's  $\tau$ ;
- 2) Spearman's  $\rho$ ;
- 3) p-value of Goodness-of-Fit tests;
- 4) distances.

As it was mentioned in the subsection *Collection and preparation of initial data*, in this study we will use Kendall's  $\tau$ .

After choosing the model structure, the next step is to choose the type of copula functions, which can be done in the following ways:

- 1) Goodness-of-Fit tests;
- 2) Independence test;
- 3) Akaike's information criterion and/or Bayesian information criterion – AIC/BIC;
- 4) Graphical tools.

Possible copula families from which the copula function will be selected:

- 1) Elliptical copulas (Gaussian copula, Student's t-copula);
- 2) One-parametric Archimedean copulas (copulas of Clayton, Gumbel, Frank, Joe and other);
- 3) Two-parametric Archimedean copulas (BB1, BB7 and other);
- 4) Rotated version of Archimedean copulas.

The next step – estimation of the copula function parameters using the following methods:

- 1) Maximum likelihood estimation (parametric method);
- 2) Sequential estimation (semi-parametric method);
- 3) Bayesian estimation.

This model can be considered a complete one.

## 4 Numerical research of copula models

### 4.1 Initial data

In the study, the portfolio with the following assets is used [40]:

- 1) RTS index futures;
- 2) Sberbank PJSC stocks futures;
- 3) Gazprom PJSC stocks futures;
- 4) MMC Norilsk Nickel PJSC stocks futures.

This sample has daily close values and covers the period of two years since December 16, 2015 to December 16, 2017 (504 observations). Denote them as RTS, SBRF, GAZP and GMKR, respectively. All that data regarding the futures prices were collected from the Finam Holdings service.

This study is comparative in nature, therefore, the data were chosen in such a way as to compare the results with the results of [40].

The resulting assets were converted to log-returns. The basic mathematical characteristics were calculated: average returns, standard deviation, and correlations of Spearman and Kendall.

Table 4.1 – Main characteristics of log-returns

Assets	Moments		Spearman's $\tau$				Kendall's $\rho$			
	$\mu$	$\sigma$	GMKR	GAZR	SBRF	RTS	GMKR	GAZR	SBRF	RTS
GMKR	0.00033	0.15	1	0.702	0.621	0.323	1	0.515	0.444	0.218
GAZR	0.00002	0.13	0.702	1	0.519	0.308	0.515	1	0.364	0.208
SBRF	0.00154	0.16	0.621	0.519	1	0.375	0.444	0.364	1	0.256
RTS	0.00075	0.16	0.323	0.308	0.375	1	0.218	0.208	0.256	1

Histograms of the log-returns are shown below:



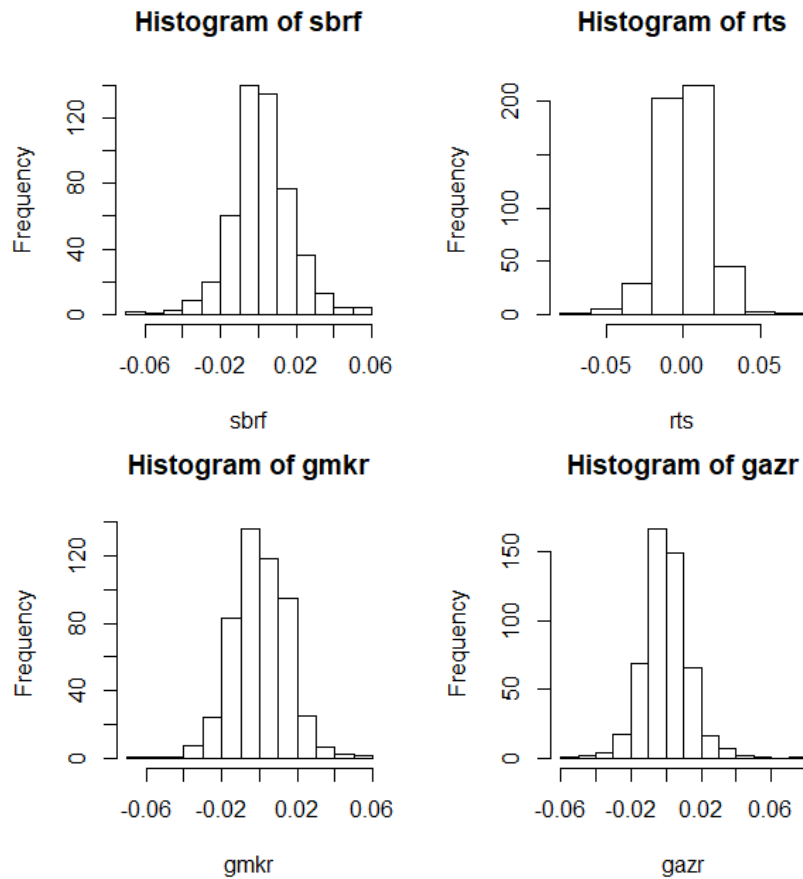


Figure 4.1 - Histograms of log-returns

## 4.2 Model selection

Suitable marginal distributions were selected. Four-parameter distributions (such as Johnson distribution and a mixture of Gaussian distributions) showed the most significant results. Significance was verified using the Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling tests.

Table 4.2 - Suitable marginal distributions and their significance

Distribution	Kolmogorov-Smirnov, p-value	Anderson-Darling, p-value
Johnson distribution	0.82	0.79
Hyperbolic distribution	0.74	0.81
Meixner distribution	0.92	0.89

The marginal distribution parameters were estimated. In the table below, there are estimates of the hyperbolic and Johnson distribution by the Nelder-Mead method.

Table 4.3 – Marginal distribution estimation results

Distribution	Parameters	GMKR	GAZR	SBRF	RTS
Hyperbolic distribution	$\pi$	0.059	0.059	0.063	0.067
	$\zeta$	0.705	0.723	0.709	0.073
	$\delta$	0.001	0.001	0.001	0.001
	$\mu$	0.101	0.091	0.087	0.085
Johnson distribution	$\gamma$	0.784	0.766	0.814	0.789
	$\delta$	2.038	1.715	1.789	2.105
	$\xi$	1.761	1.156	1.652	1.734
	$\lambda$	0.000	0.000	0.000	0.001

We transform our initial data into pseudo observations, which is necessary for working with copulas. Comparative graphs of the initial data and pseudo observations are presented in Fig. 4.2.

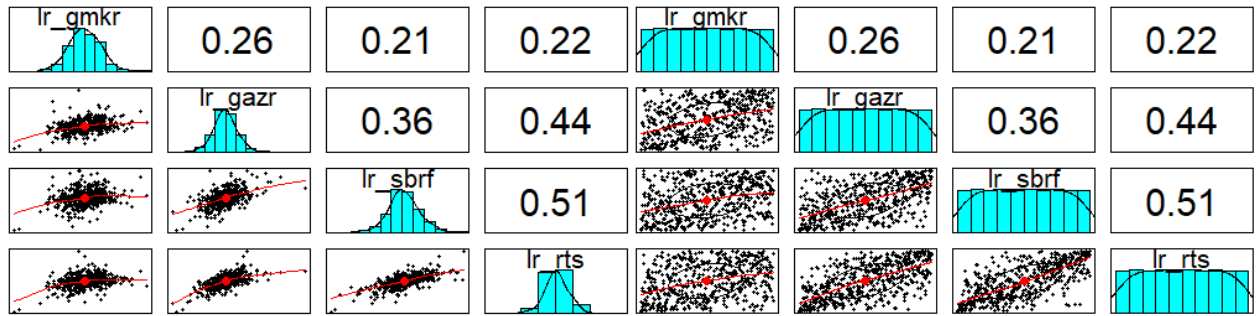


Figure 4.2 – Paired graphs of observations (left) and pseudo-observations (right): on the main diagonal – histograms of marginal distributions of log-returns, above the diagonal – the Kendall's  $\tau$ , and below the diagonal – dot graphs of pairwise joint distributions. The red line and the dot on all graphs are the regression line and mean respectively.

The structure of the model and the appropriate types of copula functions were selected using the information criteria of Akaike and Bayes (AIC and BIC). In this study, we used the VineCopula package in R.

D-vine was chosen as the model structure. Paired copulas of Gumbel, Clayton, Student and Frank were selected for further work (as the edges of a tree).

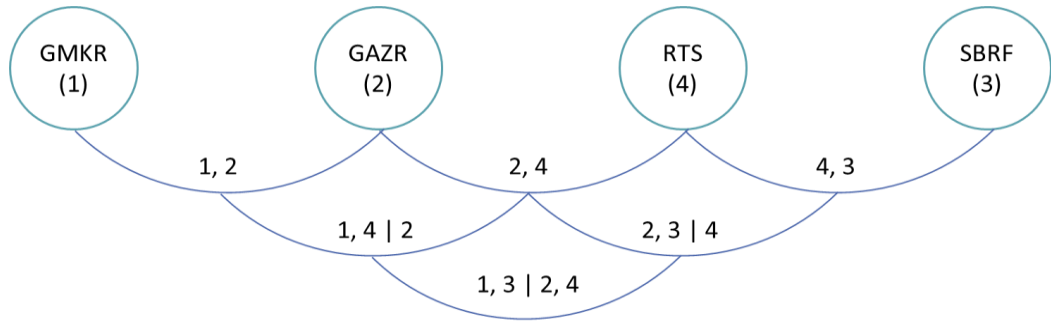


Figure 4.3 – D-vine

The structure presented in Fig. 4.3 describes estimation of the parameters of the copula model.

- Tree 1:

$C(2,1)$  = Survival Gumbel's copula with parameters  $\delta = 1.33$ ,  $\tau = 0.25$ ;

$C(4,2)$  = Survival BB1 (Clayton-Gumbel) copula with parameters  $\theta = 0.12$ ,  $\delta = 1.68$ ,  $\tau = 0.44$ ;

$C(4,3)$  = Student's copula with parameters  $\rho = 0.72$ ,  $\nu = 7.57$ ,  $\tau = 0.51$ ;

- Tree 2:

$C(4,1;2)$  = Clayton's copula with parameters  $\delta = 0.16$ ,  $\tau = 0.07$ ;

$C(3,2;4)$  = Gumbel's copula with parameters  $\delta = 1.1$ ,  $\tau = 0.09$ ;

- Tree 3:

$C(3,1;4,2)$  = Frank's copula with parameters  $\delta = 0.54$ ,  $\tau = 0.07$ .

Here 1 is the GMKR, 2 is GAZR, 3 is SBRF and 4 is RTS.

For the selected model, we conducted a goodness of fit test. The p-value equal to 0.46 showed that the hypothesis that the copula model belongs to one of the previously selected four-parameter distributions is not rejected at a significance level of 0.05.

### 4.3 Formation of an investment portfolio

To form portfolios, we use the linear programming problem described in [40]. Two portfolios were formed: equilibrium and optimal. With weights  $\{0.25; 0.25; 0.25; 0.25\}$  and  $\{0.050; 0.014; 0.384; 0.452\}$  respectively. For them, a measure of risk of CVaR was calculated at a significance level of 0.95. In the figure below you can see

the simulated series of CVaR risk measure for the constructed copula model in comparison with empirically observed values.

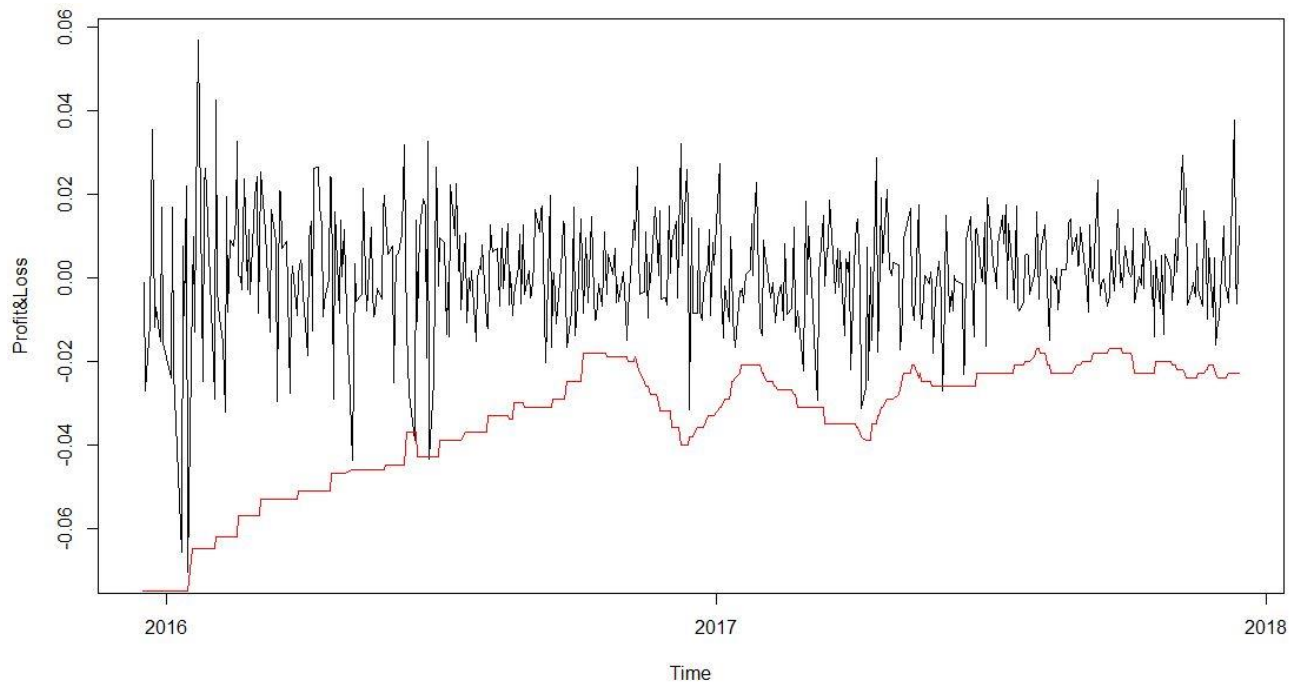


Figure 4.4 - The simulated series of CVaR risk measure for the constructed copula model in comparison with empirically observed values

A similar graph from [40], where the parametric method for estimating the parameters of copula models was used:

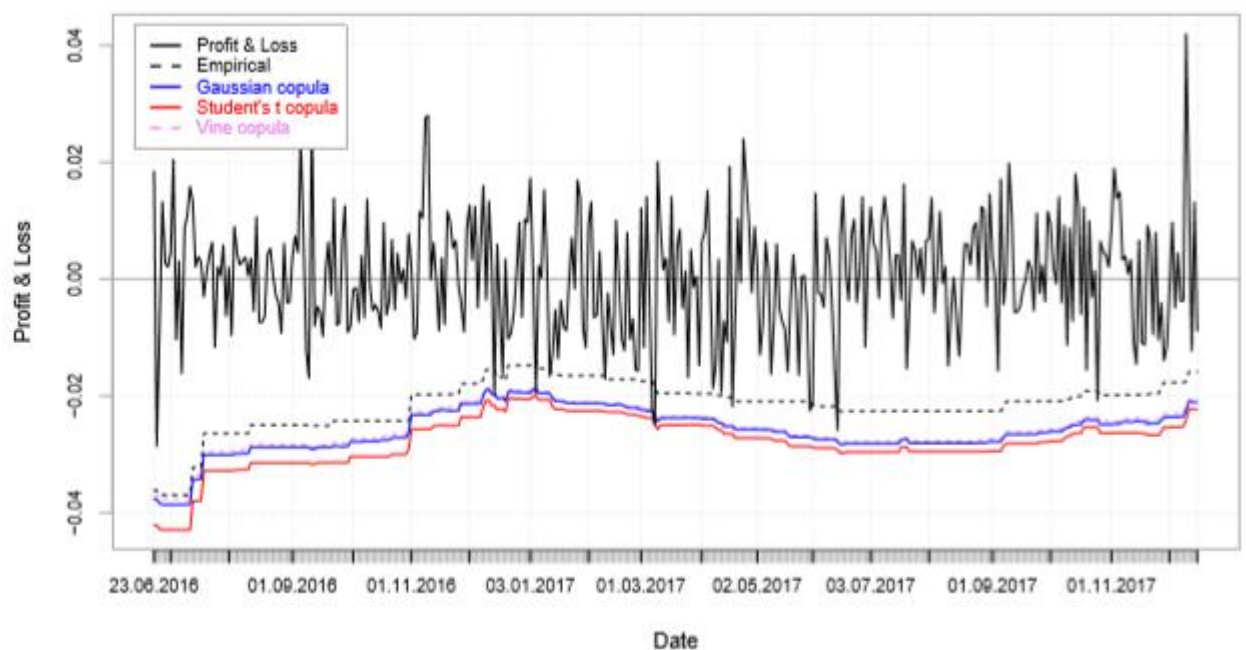


Figure 4.5 - The simulated series of CVaR risk measure for the constructed copula models in comparison with empirically observed values

The CVaR risk measure assessment obtained in this paper is more sensitive to changes in financial time series. However, the assessment remains very conservative and significant. Changing the parameter of the model leads to more stable estimates. The assessment of risk measures from [40] is more conservative. This is an advantage for risk-averse investors.

## **5 Финансовый менеджмент**

Цель магистерской диссертации заключается в применении копулярных моделей к решению задачи формирования инвестиционного портфеля.

Объектом исследования являются копулярные модели из семейства архимедовых копул. С использованием копулярной модели необходимо оценить аддитивную меру риска (CVaR) для инвестиционного портфеля.

Целью данного раздела диссертации является оценка конкурентоспособности и ресурсоэффективности метода, использующего копулярные модели для решения задачи формирования инвестиционного портфеля. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Провести анализ потенциальных потребителей результатов исследования.
- 2) Провести анализ конкурентных технических решений исследования.
- 3) Выявить сильные и слабые стороны научно-исследовательского проекта, а также его возможности и вероятные угрозы при помощи SWOT-анализа.
- 4) Определить степень готовности научного проекта к коммерциализации.
- 5) Провести инициализацию проекта. Сформулировать цель и результат проекта. Определить заинтересованные стороны.
- 6) Сформировать комплекс необходимых для выполнения научного исследования работ.
- 7) Определить трудоемкость выполнения работ и разработать график проведения научного исследования.
- 8) Рассчитать бюджет научного исследования.
- 9) Определить риск возникновения неопределённых событий при выполнении научного исследования.
- 10) Оценить сравнительную эффективность исследования.

## 5.1 Предпроектный анализ

### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Исследование, проведенное в данной работе, относится к инвестициям и риск-менеджменту. Потенциальные потребители результатов исследования:

- 1) банки и банковские организации;
- 2) специалисты по работе с портфелями и ценными бумагами;
- 3) инвесторы, владеющие портфелями;
- 4) организации, связанные с финансовыми рисками.

Подобные организации пользуются преимущественно методом исторического моделирования для оценивания портфельного риска. Также весьма распространён метод Монте-Карло, используемый для симуляции поведения ценных бумаг и дальнейшего расчёта VaR, CVaR, коэффициента Шарпа и других риск-метрик.

В таблице (Таблица 5.1) приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании и виды риск-метрик.

Таблица 5.1 - Карта сегментирования рынка услуг по моделям оценивания портфельного риска

		Виды риск-метрик		
		VaR	CVaR	Коэффициент Шарпа
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



Исторический



Монте-Карло



Копула

Согласно карте сегментирования можно выбрать следующие сегменты рынка: все виды риск-метрик для мелких компаний.

Таким образом, результаты данного исследования будут наиболее привлекательны преимущественно для мелких компаний, частных инвесторов и акционеров. В качестве меры риска в данном исследовании автором был выбран коэффициент CVaR.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для оценки инвестиционного риска в широком смысле существует множество моделей, причём оцениваемые риск-метрики также могут быть самые разные. Исходя из результатов сегментирования, к таким моделям можно отнести историческое моделирование и метод Монте-Карло. Мы же в данной работе используем копулярную модель оценки риска. Обозначим выбранные для сравнения модели следующим образом:

$h$  – модель исторического моделирования;

$MC$  – модель, использующая метод Монте-Карло;

$c$  – копулярная модель.

Наиболее значимые для данной работы критерии сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения приведены в таблице (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкуренто- способность		
		$P_h$	$P_{MC}$	$P_c$	$C_h$	$C_{MC}$	$C_c$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Консервативность оценки	0,20	3	4	5	0,60	0,80	1,00
Адекватность оценки	0,25	3	4	5	0,75	1,00	1,25
Простота методологии	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
Независимость от объема данных	0,15	1	5	4	0,15	0,75	0,60



Экономические критерии оценки эффективности							
Распространенность на рынке	0,10	5	4	1	0,50	0,40	0,10
Затраты	0,15	5	3	5	0,75	0,45	0,75
<b>Итого</b>	1,00				3,50	4,00	4,15

Значение конкурентоспособности модели  $C$  было рассчитано по формуле:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \omega_i \cdot P_i, \quad (5.1)$$

где  $C_i$  – конкурентоспособность модели по  $i$ -му критерию;

$\omega_i$  – вес  $i$ -го критерия;

$P_i$  – балл модели по  $i$ -му критерию.

По результатам расчётов видно, что модель исторического моделирования является наиболее простой и потому более распространённой, однако качество результатов хуже по сравнению с методом Монте-Карло. В то же время метод Монте-Карло показал результат оценки конкурентоспособности ниже чем выбранная автором копулярная модель.

Таким образом, исходя из результатов оценочной карты конкурентных решений можно сделать вывод, что для выбранных технических и экономических критериев исследуемая модель является наиболее удовлетворительной. Сильнейшим конкурентом для используемой нами копулярной модели является модель, использующая метод Монте-Карло.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT — Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threads (угрозы) — это комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяемый для исследования его внешней и внутренней среды. SWOT-анализ представляет собой сводную таблицу, иллюстрирующую связь между внутренними и внешними факторами компании. Целью SWOT-анализа является предоставление возможности оценки риска и конкурентоспособности компании или товара в данной отрасли производства.

Для проведения данного анализа необходимо выделить каждый из его компонентов применительно к исследуемой модели. Далее каждый компонент внешней среды комбинируется с каждым компонентом внутренней среды. Итоги проведения SWOT-анализа отображены в итоговой матрице (

Таблица 5.3).

Таблица 5.3 - SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны:</b> С1. Раздельное исследование маргиналов и зависимости активов. С2. Слабая зависимость от объёма портфеля. С3. Высокая адекватность и консервативность.	<b>Слабые стороны:</b> СЛ1. Сложность алгоритма. СЛ2. Длительность вычислений. СЛ3. Малая распространённость на рынке.
<b>Возможности:</b> В1. Высокий спрос на рискованные модели со стороны потребителей. В2. Анализ портфелей со сложной взаимосвязью между активами. В3. Анализ портфелей с большим числом активов.	В2С1. Раздельное исследование маргиналов и зависимостей активов даст возможность проводить анализ портфелей со сложной взаимосвязью между активами. В1В3С2С3. Высокое качество получаемых результатов в купе с высоким спросом на рискованные модели применительно к портфелям с большим количеством активов позволят быстро занять свою нишу на рынке	В1СЛ1СЛ2. Благодаря высокому спросу можно упростить алгоритм, используя его отдельно для каждой конкретной задачи. При упрощении алгоритма автоматически сократится время вычислений.
<b>Угрозы:</b> У1. Наличие множества альтернативных подходов. У2. Развитие рынка, усложнение исходных данных.	У1С3. Универсальность модели и высокое качество получаемых результатов позволит эффективнее бороться с конкурентами.	У1СЛ3. Малая распространённость на рынке подобных моделей позволит эффективнее бороться с конкурентами.

Таким образом, в ходе проведения SWOT-анализа автором был сделан вывод что раздельное исследование маргиналов и зависимостей активов даст нам возможность проводить анализ портфелей со сложной взаимосвязью между активами. А также было отмечено что высокое качество получаемых результатов

в купе с высоким спросом на рисковые модели применительно к портфелям с большим количеством активов позволят быстро занять свою нишу на рынке.

#### **5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

Для данной работы проведён анализ степени проработанности проекта с позиции коммерциализации. Данный анализ приведён в таблице (

Таблица 5.4) с оценками степени готовности научного проекта в коммерческом отношении. Каждый показатель анализа был оценён по пяти балльной шкале. Оценки степени проработанности научного проекта (НП) трактуются следующим образом:

- 1) не проработано;
- 2) проработано слабо;
- 3) выполнено, но качество под сомнением;
- 4) выполнено качественно;
- 5) имеется положительное заключение независимого эксперта.

Оценка уровня имеющихся знаний у разработчика (Р.) определяется в соответствии со следующей системой баллов:

- 1) незнаком или знаком мало;
- 2) знаком с теорией;
- 3) знаком с теорией и практическими примерами применения;
- 4) знаком с теорией и самостоятельно выполняет;
- 5) знаком с теорией, выполняет, может консультировать.

Итоговая оценка  $P$  определяется как сумма всех оценок  $P_i$  по каждому  $i$ -му показателю:

$$P = \sum_i P_i \quad (5.2)$$

Таблица 5.4 - Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработан- ности НП	Уровень имеющихся знаний у Р.
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
Итого		39	35

Таким образом, полученные суммарные значения входят в диапазон от 30 до 44 что соответствуют средней перспективности проекта на коммерциализацию. Уровень имеющихся знаний у разработчика также относится к среднему уровню готовности проекта к коммерциализации.

## 5.2 Инициализация проекта

Инициация проекта определяют изначальные цели проекта или содержание работы. Также, в данном разделе определяются изначальные экономические – финансовые затраты. По данной работе также надо определить внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые влияют на общий результат научного проекта.

### 5.2.1 Цели и результат проекта

Целями проекта с экономической точки зрения являются изучение существующих методов и их усовершенствование, а также последующее удовлетворение ожиданий заинтересованных сторон. Более подробная информация о заинтересованных сторонах отражена в таблице (Таблица 5.5).

Таблица 5.5 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны	Ожидания заинтересованных сторон
Инвестиционные фонды, Брокерские компании, Частные инвесторы и акционеры.	Высокое качество результатов, быстрота действия, обработка больших объемов данных.

Цели и результаты проекта подробно описаны в таблице (Таблица 5.6):

Таблица 5.6 - Цель и результат проекта

<b>Цель проекта:</b>	Оценка CVaR инвестиционного портфеля с использованием копула-функций.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Оценить параметры маргинальных распределений активов и параметры копул; Построить многомерное распределение для исследуемого портфеля; Рассчитать CVaR и сравнить с результатами, полученными для других моделей.
<b>Критерии приемки результатов проекта:</b>	Характеристики модели оцениваются с помощью тестов. Критерием значимости было выбрано значение $p\text{-value} = 0.05$ . Время для расчётов должно быть меньше, чем у моделей, конкурирующих по качеству характеристик.
<b>Требования к результату проекта:</b>	Консервативность и адекватность; Возможность обработки больших портфелей; Быстродействие.

Таким образом, в данном подразделе были сформулированы цель и ожидаемые результаты проекта, главным требованиями к которым являются

адекватность оценки, быстрое действие модели и возможность обработки больших объемов данных. Также автором были выявлены заинтересованные стороны проекта: инвестиционные фонды, брокерские компании и частные инвесторы и акционеры.

### 5.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы происходят следующие действия:

- 1) Формирование рабочей группы проекта;
- 2) Определение роли каждого участника этого проекта;
- 3) Определение функций, выполняемых каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Рабочая группа проекта описана в таблице (Таблица 5.7):

Таблица 5.7 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Семенов Михаил Евгеньевич, ТПУ, доцент отделения экспериментальной физики	Руководитель	Составление и утверждение технического задания, выбор метода выполнения работы, анализ полученных результатов	56
2	Мытницкая Мария Викторовна, ТПУ, магистрант	Исполнитель	Выполнение поставленной задачи, составление и оформление пояснительной записки к ВКР	992

Таким образом, в рабочую группу проекта вошли два человека: руководитель и исполнитель проекта. Общие трудозатраты руководителя и исполнителя составляют 1048 часов, что равно 131 дню.

### 5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения цели и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данной цели.

### 5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Выполнение ВКР трудоемкий процесс, который оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя:

- 1) Руководитель проекта (Р);
- 2) Исполнитель проекта – инженер (И).

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в следующей таблице (Таблица 5.8):

Таблица 5.8 - Комплекс работ по разработке проекта

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителей
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, Инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Инженер
Исследование и анализ предметной области	4	Анализ исходных данных	Инженер
	5	Выбор метода выполнения работы	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор среды разработки	Инженер
	7	Разработка методологии	Инженер
	8	Написание программного кода	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ полученных результатов работы	Инженер, Руководитель
	10	Составление отчета по проделанной работе	Инженер

Таким образом, комплекс работ по разработке проекта включил в себя 5 этапов. Руководитель проекта принимает участие в трех следующих этапах: разработка технического задания, исследование и анализ предметной области, обобщение и оценка результатов. Исполнитель проекта – инженер – принимает участие во всех этапах разработки проекта.

### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{мин\ i} + 2t_{макс\ i}}{5}, \quad (5.3)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{мин\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{макс\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ  $t_{ож\ i}$ , определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{p\ i}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (5.4)$$

где  $T_{p\ i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таким образом, в данном разделе мы определили формулы необходимые для расчета ожидаемой трудоемкости и продолжительности работ в рабочих днях.



### 5.3.3 План проекта

Одним из наиболее удобных и наглядных способов представления календарного плана работы является построение ленточного графика проведения ВКР в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта - это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{k_i} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.5)$$

где  $T_{k_i}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{p_i}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности, который определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.6)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году (365);

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (52 дня, при шестидневной рабочей неделе);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году (14).

Таким образом, коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$  равен 1,22. Временные показатели проведения научной работы представлены в таблице (Таблица 5.9), содержание работ в соответствии с номером работы можно просмотреть в таблице (Таблица 5.8).

Таблица 5.9 - Временные показатели проведения научной работы

№ раб.	Трудоемкость работ, чел-дни			Исполнители	$T_{p_i}$ , человеко- дни		$T_{k_i}$ , человеко- дни	
	$t_{mini}$ , человеко- дни	$t_{maxi}$ , человеко- дни	$t_{ожі}$ , человеко- дни		И	Р	И	Р
1	2	6	4	Р, И	2	2	2	3
2	22	28	24	И	24		29	
3	3	8	5	И	5		6	
4	2	7	4	И	4		5	
5	3	6	4	Р, И	2	2	3	2
6	2	5	3	И	3		4	
7	18	23	19	И	19		23	
8	32	36	34	И	34		41	
9	6	9	7	Р, И	3	4	4	5
10	25	30	27	И	27		33	
Итого			131		124	7	150	10

Исходя из временных показателей проведения научной работы (Таблица 5.9) можно сделать вывод что продолжительность выполнения научной работы в рабочих днях составит – 131 день, а в календарных – 160 дней. На основании этих данных была построена диаграмма Ганта (Таблица 5.10).

Таким образом, продолжительность выполнения научной работы в календарных днях составит 10 дней для руководителя проекта и 150 дней для исполнителя проекта (инженера). Суммарно выполнение научной работы займет 160 дней что приблизительно равно 5,3 месяцам.

Таблица 5.10 - Календарный план-график проведения работ

№ раб .	Содержание работ	Исполн.	$T_{k_i}$ , дн и	Продолжительность выполнения работ, дни															
				Дек.	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
				10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1	Составление и утверждение технического задания	Р, И	2, 3	<div></div>															
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	29	<div></div>															
3	Выбор направления исследований	И	6				<div></div>												
4	Анализ исходных данных	И	5				<div></div>												
5	Выбор метода выполнения работы	Р, И	3, 2					<div></div>											
6	Выбор среды разработки	И	4					<div></div>											
7	Разработка методологии	И	23						<div></div>										
8	Написание программного кода	И	41							<div></div>									
9	Анализ полученных результатов работы	Р, И	5, 4											<div></div>	<div></div>				
10	Составление отчета по проделанной работе	И	33												<div></div>				

 - Руководитель

 - Инженер

### 5.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научно-исследовательского проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Определение полных затрат на выполнение ВКР производится путем суммирования расходов по следующим статьям:

- 1) материальные затраты;
- 2) основная заработная плата исполнителей;
- 3) дополнительная заработная плата исполнителей;
- 4) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 5) накладные расходы.

Произведем расчет материальных затрат. Покажем отражение стоимости всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Расчет затрат на материалы производится по форме, приведенной в таблице (Таблица 5.11):

Таблица 5.11 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Бумага	пачка	1	300	300
Картридж для принтера	шт.	1	3000	3000
Канцелярские принадлежности	шт.	1	200	200
Итого				3500

Таким образом, стоимость материальных затрат, необходимых для проведения научного исследования, составит 3500 руб.

Произведем расчет заработной платы для исполнителей. В данной статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании выпускной квалификационной работы:

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.7)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.8)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\phi}}, \quad (5.9)$$

где  $F_{\phi}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.;

$Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя.

Таблица 5.12 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени; отпуск; невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p, \quad (5.10)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке руководителя, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (г. Томск).

Используя формулы 5.7-5.10 был произведен расчет основной заработной платы (Таблица 5.13).

Таблица 5.13 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$ , руб	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{он}$ , руб	$T_p$ , дн	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	35120	0,3	0,2	1,3	68484	2837,6	7	19863,2
Инженер	12000	0	0	1,3	15600	646,4	124	80153,6

Таким образом, основная заработная плата рабочей группы на весь период выполнения исследования составит 100016,8 руб.

Дополнительную заработную плату примем равной 12% от основной:

$$Z_{дон} = 0.12 \cdot Z_{осн}, \quad (5.11)$$

Тогда дополнительная заработная плата руководителя будет равна 2383,6 руб., а инженера – 9618,4 руб.

Произведем расчет отчислений во внебюджетные фонды. Отчисления во внебюджетные фонды являются обязательными по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{дон}), \quad (5.12)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 22.12.2005 №179-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице (Таблица 5.14).

Таблица 5.14 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды
Научный руководитель	19863,2	2383,6	6718,5
Инженер	80153,6	9618,4	27111,1
<b>Итого</b>			33829,6

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды за весь период выполнения исследования составят 33829,6 руб.

Произведем расчет стоимости услуг сторонних организаций и накладных расходов. Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Рассчитаем затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием.

Так как работа производилась только с использованием персонального компьютера, все накладные расходы составляет плата за электроэнергию и интернет. В расчётах будем учитывать, что мощность компьютера равна  $P = 0.2$  кВт/ч. Также учитываем плату за интернет  $S_{\text{и}} = 300$  руб./мес. Тогда при 8-часовом рабочем дне накладные расходы составляют:

$$C_{\text{накл}} = 8 \cdot (T_{\text{р}} \cdot P) \cdot S_{\text{эл}} + T_{\text{р}}/30 \cdot S_{\text{и}},$$

где  $S_{\text{эл}} = 5.8$  руб / кВт · ч — удельная плата за электроэнергию.

Следовательно,  $C_{\text{накл}}$  составляют 134,96 руб. для руководителя и 2390,7 руб. для инженера. Таким образом, расходы на электроэнергию и интернет составят 2525,7 руб.

Подведем итоги по бюджету научного исследования. Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице (Таблица 5.15).

Таблица 5.15 - Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	3500
Основная заработная плата	100016,8
Дополнительная заработная плата	12002
Отчисления во внебюджетные фонды	33829,6
Накладные расходы	2525,7
<b>Бюджет затрат НИ</b>	<b>151874,1</b>

Таким образом, бюджет затрат научного исследования составит 151874,1 руб. Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является

основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

### 5.3.5 Реестр рисков

Во время проекта существует риск возникновения неопределённых событий, которые могут повлечь за собой нежелательные эффекты. Для таких событий составлен реестр рисков, содержащий в себе общую информацию о них (Таблица 5.16). Вероятность наступления и влияние определённого риска оцениваются по пятибалльной шкале. Уровень риска может быть высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска.

Таблица 5.16 - Реестр рисков

<b>Риск</b>	<b>Потенциальное воздействие</b>	<b>Вероятность наступления</b>	<b>Влияние</b>	<b>Уровень</b>	<b>Способы смягчения</b>	<b>Условия наступления</b>
Управление проектом	Некорректный сбор информации	3	5	Высокий	Распределение обязанностей	Несогласованность действий
Технический	Некорректные результаты	3	5	Высокий	Чёткое планирование	Несогласованность действий
Внешний	Несоответствие плану	2	2	Низкий	Резервное время	Отсутствие данных

Таким образом, по результатам данного подраздела можно сделать вывод, что риск возникновения неопределённых событий, которые могут повлечь за собой нежелательные эффекты, существует, но вероятность наступления его маловероятна.

## 5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.



Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Полученный интегральный показатель финансовой эффективности отражает соответствующее численное увеличение либо уменьшение бюджета затрат разработки в размах.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{p_i}}{\Phi_{max}}, \quad (5.13)$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{p_i}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{p_i} = \sum a_i \times b_i, \quad (5.14)$$

где  $I_{p_i}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Рассмотрим следующие возможные исполнения научного исследования:

Текущий проект – «Применение копулярных моделей к решению задачи формирования инвестиционного портфеля», бюджет исследования 151874,1 руб.; Аналог 1 – предложенная Смагуловым Д. модель в работе «Копулярные модели для оценивания инвестиционного риска», бюджет исследования

516428,03 руб.; Аналог 2 – предложенная Теом К. модель в работе «Разработка статистических тестов для VaR и CVaR», бюджет исследования 144959,9 руб.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности для трех вариантов исполнения проекта приведен в таблице (Таблица 5.17). Значения интегрального финансового показателя приведены в таблице (Таблица 5.18).

Таблица 5.17 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Адекватность модели	0,4	5	5	4
Скорость расчетов	0,2	4	5	4
Удобство в эксплуатации	0,15	3	3	2
Сложность методологии	0,15	5	5	5
Скорость внедрения	0,1	3	3	3
<b>Итого:</b>	<b>1</b>	4,3	4,5	3,75

Исходя из сравнительной оценки характеристик вариантов исполнения проекта (Таблица 5.17) наибольшее значение интегрального показателя ресурсоэффективности показал Аналог 1.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин p}^{исп.i}}, \quad (5.15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ) находится по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (5.16)$$

Сравнительная эффективность разработки и рассчитанные интегральные показатели приведены в таблице (Таблица 5.18).

Таблица 5.18 - Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,29	1	0,28
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,5	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	14,8	4,5	13,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,3	0,9

Таким образом, сравнение значений с позиции финансовой и ресурсной эффективности говорит о том, что текущий проект является наиболее эффективным. Аналог 2 – показал худшие результаты по всем интегральным показателям, а Аналог 1 – имеющий наибольшее значение интегрального показателя ресурсоэффективности, показал худший результат по интегральному показателю эффективности из-за слишком большой стоимости проекта.

## 5.5 Выводы

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

- 1) Анализ потенциальных потребителей результатов исследования показал, что результаты данного исследования будут наиболее привлекательны преимущественно для мелких компаний, частных инвесторов и акционеров.
- 2) Также в данной главе был произведен анализ конкурентных технических решений исследования. Исходя из результатов оценочной карты конкурентных решений мы сделали вывод, что для выбранных критериев исследуемая нами копулярная модель является более удовлетворительной чем исторический метод моделирования и метод Монте-Карло.

- 3) В ходе проведения SWOT-анализа были изучены сильные стороны и возможности исследования, а также обозначены его слабые стороны и угрозы, которые необходимо учесть при реализации. Был сделан вывод что раздельное исследование маргиналов и зависимостей активов даст нам возможность проводить анализ портфелей со сложной взаимосвязью между активами. А также было отмечено что высокое качество получаемых результатов в купе с высоким спросом на рисковые модели применительно к портфелям с большим количеством активов позволят быстро занять свою нишу на рынке.
- 4) Степень готовности научного проекта к коммерциализации была отнесена к среднему уровню перспективности проекта на коммерциализацию. Уровень имеющихся знаний у разработчика также был отнесен к среднему уровню.
- 5) Цель проекта была сформулирована следующим образом: оценка CVaR инвестиционного портфеля с использованием копула-функций. К заинтересованным сторонам были отнесены инвестиционные фонды, брокерские компании и частные инвесторы и акционеры.
- 6) Сформированный комплекс работ по разработке проекта включил в себя 5 этапов. Рабочая группа включила в себя следующих исполнителей: руководителя и инженера.
- 7) При определении трудоемкости выполнения работ была найдена продолжительность выполнения научной работы. В рабочих днях она составит – 131 день, а в календарных – 160 дней. Основываясь на продолжительности выполнения научной работы в календарных днях был разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта.
- 8) В бюджет затрат научного исследования были включены такие статьи расходов как: материальные затраты, основная и

дополнительная заработные платы, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Бюджет затрат научного исследования составил 151874,1 руб.

- 9) Также мы определили, что риск возникновения неопределённых событий, которые могут повлечь за собой нежелательные эффекты, существует, но вероятность наступления его маловероятна.
- 10) Оценка сравнительной ресурсоэффективности показала, что предложенная автором модель является наиболее эффективной. Интегральный показатель эффективности текущего проекта и двух его аналогов соответственно равен 14,8; 4,5; 13,4.

Из всего вышеизложенного следует что используемый нами в магистерской диссертации метод формирования инвестиционного портфеля с помощью копула-функций является конкурентоспособным и ресурсоэффективным.

## **6 Социальная ответственность**

Цель магистерской диссертации заключается в применении копулярных моделей к решению задачи формирования инвестиционного портфеля.

Объектом исследования являются копулярные модели из семейства архимедовых копул. С использованием копулярной модели необходимо оценить аддитивную меру риска (CVaR) для инвестиционного портфеля.

Выполнение магистерской диссертации осуществлялось в компьютерном классе отделения экспериментальной физики школы ИЯТШ. Данная работа была проведена за компьютером, или персональной электронной вычислительной машиной (ПЭВМ).

Для обеспечения безопасности работников и окружающей среды необходимо разработать комплекс мероприятий технического и организационного характера, которые минимизируют негативные последствия от деятельности при работе за ПЭВМ.

### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”.

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль.

Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ

(Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ; Министерство РФ по атомной энергии.

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность: дисциплинарная, административная, уголовная, материальная.

Рабочее место - это часть пространства, в котором работник осуществляет трудовую деятельность, и проводит большую часть рабочего времени. Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

Рассмотрим характеристики помещения, где была разработана магистерская диссертация: ширина комнаты составляет  $b = 4$  м, длина  $a = 6$  м, высота  $H = 2,8$  м. Тогда площадь помещения будет составлять  $S = a \cdot b = 24 \text{ м}^2$ , объем помещения  $S = a \cdot b \cdot h = 72 \text{ м}^3$ . В помещении имеется окно, через которое осуществляется вентиляция помещения. В помещении отсутствует принудительная вентиляция. В зимнее время помещение отапливается. В помещении используется комбинированное освещение - искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛБ. Рабочая поверхность имеет высоту 0,75 м. Электроснабжение сети переменного напряжения 220 В. Помещение без повышенной опасности в отношении поражения человека электрическим током по ГОСТ Р 12.1.019-2009.

Компьютер, расположенный на рабочей поверхности высотой 0.77 м, обладает следующими характеристиками: процессор Intel Core i5, оперативная память 6 ГБ, операционная система Microsoft Windows 10, частота процессора 2,5 ГГц, дисплей HD с диагональю 39,6 см (15,6 дюйма) разрешением 1366 на 768.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 место для работы на компьютере и взаиморасположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. При устройстве рабочего места человека, работающего за ПК необходимо соблюсти следующие основные условия: наилучшее местоположение оборудования и свободное рабочее пространство.

Основными элементами рабочего места являются стол и стул, т.к. рабочим положением является положение сидя. Рациональная планировка рабочего места определяет порядок и местоположение предметов, в особенности тех, которые для работ необходимы чаще.

Основные зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости показаны на рисунке (Рисунок 6.1).



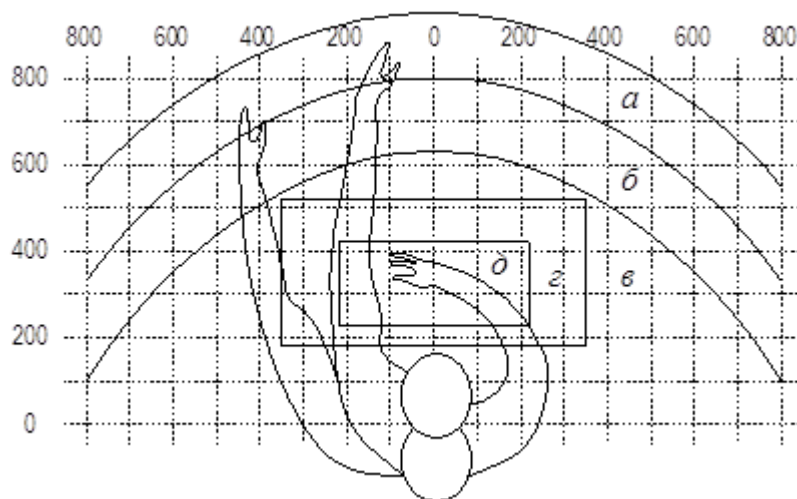


Рисунок 6.1 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой работы

В соответствии с этим рассмотрим оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

1. Дисплей размещается в зоне а (в центре);
2. Клавиатура - в зоне г/д;
3. Системный блок размещается в зоне б (слева);
4. Принтер (если он есть) находится в зоне а (справа);
5. Документация располагается в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева) - литература и документация, необходимая при работе или в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной — не менее 500 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420–550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500–600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране. Должна предусматриваться возможность регулирования экрана.

Рабочие места с компьютерами должны размещаться так, чтобы расстояние от экрана одного монитора до тыла другого было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями мониторов - не менее 1,2 м.

## 6.2 Производственная безопасность

При решении задачи формирования инвестиционного портфеля с использованием копулярных моделей могут возникнуть вредные и опасные факторы. Используя ГОСТ 12.0.003-2015 мы выделили ряд факторов, более подробно с ними можно ознакомиться в таблице (Таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПин 2.2.4.548-96
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СНиП 23-05-95
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016
Превышение уровня шума	+	+	+	СанПин 2.2.4.3359-16

### **6.2.1 Отклонение показателей микроклимата**

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температур воздуха и поверхностей, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Оптимальные микроклиматические показатели при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают сохранение теплового состояния организма и не вызывают отклонений в состоянии здоровья. Допустимые микроклиматические условия могут приводить к незначительным дискомфортным тепловым ощущениям. Возможно временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, без нарушения здоровья.

Нормы оптимальных и допустимых показателей микроклимата при работе с ЭВМ устанавливает СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений изложены в СанПиН 2.2.4.548-96. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа, производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, относится к категории Ia – работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт). Для данной категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице (Таблица 6.2).

Таблица 6.2 - Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение
Холодный	Ia	(20÷24)	(15÷28)	55	(15÷75)	0.1	≤ 0.1
Теплый	Ia	(23÷25)	(15÷28)	55	(15÷75)	0.1	≤ 0.2

В производственных помещениях, где допустимые нормативные величины микроклимата поддерживать не представляется возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегревания и охлаждения. Это достигается различными средствами:

- 1) Применением систем местного кондиционирования воздуха;
- 2) Использованием индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры;
- 3) Регламентацией периодов работы в неблагоприятном микроклимате и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние;
- 4) Сокращением рабочей смены и др.

Профилактика перегревания работников в нагревающем микроклимате включает следующие мероприятия: нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к 8-часовой рабочей смене; регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды (непрерывно и за рабочую смену) для поддержания среднесменного теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне.

Анализируя таблицу (Таблица 6.2), можно сделать вывод, что в рассматриваемом помещении параметры микроклимата соответствуют нормам

СанПиН. Допустимый уровень микроклимата помещения обеспечивается системой водяного центрального отопления и естественной вентиляцией.

### **6.2.2 Отсутствие или недостаток естественного света**

Вредное воздействие параметров освещения проявляется в отсутствии или недостатке естественного света, а также недостаточной освещенности рабочей зоны. Причинами могут быть не солнечная сторона; естественная или искусственная преграда между окном и светом; недостаточное количество окон в помещении для поступления естественного света. В аудитории в которой проводилась работа над диссертацией имеется окно размером 1,5 на 2 метра – этого размера окна хватает для освещения помещения площадью 24 м<sup>2</sup>, так как в аудитории имеется искусственное освещение.

Данный фактор влияет на снижение остроты зрения, контрастной чувствительности, работоспособности человека. Коэффициент естественной освещенности не должен быть менее 1,5-1,2 %.

Методы борьбы с данным фактором:

- 1) Недостаточность дополнять искусственным освещением;
- 2) Сокращение рабочего дня;
- 3) Поверхность стен, потолков и пола должны быть светлых тонов.

### **6.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Свет является естественным условием жизни человека. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий изложены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Оценка освещенности рабочей зоны проводится в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1.1340-03.

В данном рабочем помещении используется комбинированное освещение: искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛД.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $a = 6$  м, ширина  $b = 4$  м, высота  $H = 2,8$  м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 0,75$  м. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен  $\Phi_{ЛД} = 2300$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 925 мм, ширина – 265 мм.

На первом этапе определим значение индекса освещенности  $i$

$$i = \frac{S}{(a+b) \cdot h}, \quad (6.1)$$

где  $S$  – площадь помещения;

$h$  – расчетная высота подвеса светильника, м;

$a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м.

Высота светильника над рабочей поверхностью  $h$

$$h = H - h_p - h_c = 2,8 - 0,75 - 0,3 = 1,55, \quad (6.2)$$

где  $H$  – высота помещения, м;

$h_p$  – высота рабочей поверхности, м;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес).

В результате проведенных расчетов, индекс освещенности  $i$  равен

$$i = \frac{S}{(a+b) \cdot h} = \frac{24}{(4+6) \cdot 1,55} = 1,5 \quad (6.3)$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 1,55 = 1,6 \text{ м} \quad (6.4)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{b}{L} = \frac{4}{1,6} = 2,5 \approx 3 \quad (6.5)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{a}{L} = \frac{6}{1,6} = 3,75 \approx 4 \quad (6.6)$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12 \quad (6.7)$$

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 24$ .

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{1,6}{3} = 0,53 \text{ м} \quad (6.8)$$

Размещаем светильники в три ряда. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами представлен на рисунке (Рисунок 6.2).

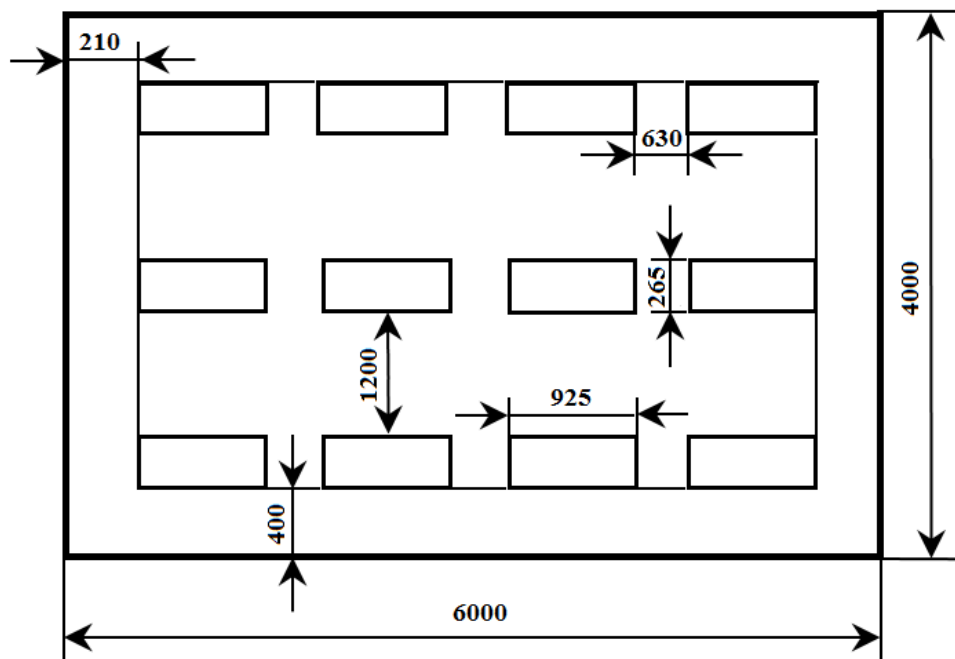


Рисунок 6.2 - План размещения светильников с люминесцентными лампами  
(размеры указаны в мм)

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (6.9)$$

где  $E_H$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_z$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{cp} / E_{min}$  (для люминесцентных ламп он равен 1,1);

$N$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Данное помещение относится к типу помещения со средним выделением пыли, поэтому коэффициент запаса  $K_z = 1,5$ ; состояние потолка – свежепобеленный, поэтому значение коэффициента отражения потолка



$\rho_n = 70\%$ ; состояние стен – побеленные бетонные стены, поэтому значение коэффициента отражения стен  $\rho_c = 50\%$ . Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_n = 70\%$ ,  $\rho_c = 50\%$  и индексе помещения  $i = 1,5$  равен  $\eta = 0,47$ .

Нормируемая минимальная освещенность при использовании ЭВМ и одновременной работе с документами должна быть равна 600 лк.

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,47} = 2106 \text{ Лм}$$

Для люминесцентных ламп с мощностью 40 Вт и напряжением сети 220В, стандартный световой поток ЛД равен 2300 Лм.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

Подставляя данные, получим:

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2106}{2300} \cdot 100\% = 8,43\%$$

$$-10\% \leq 8,43\% \leq 20\%$$

Таким образом необходимый световой поток лампы не выходит за пределы требуемого диапазона.

#### 6.2.4 Превышение уровня шума

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации, не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание

помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Средства коллективной защиты (СКЗ):

- 1) Устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- 2) Изоляция источников шума от окружающей среды средствами звукоизоляции (бетон, кирпич, гипсокартон и другие материалы, способные отражать звук) и звукопоглощения (стекловата, минеральная вата, многослойная панель);
- 3) Применение средств, снижающих шум на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты (СИЗ):

- 1) Применение спецодежды и спецобуви;

- 2) Применение защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Защита от шумов – заключение вентиляторов в защитный кожух и установление их внутри корпуса ЭВМ. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц.

### **6.3 Экологическая безопасность**

Экологическая безопасность – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

С точки зрения потребления ресурсов компьютер потребляет сравнительно небольшое количество электроэнергии, что положительным образом сказывается на общей экономии потребления электроэнергии в целом.

Основными отходами при выполнении данного научного исследования являются черновики бумаги, отработавшие люминесцентные лампы и картриджи. Израсходованная бумага не содержала никаких закрытых сведений, поэтому была направлена на утилизацию без использования shreddera, а люминесцентные лампы собраны и направлены на утилизацию в соответствующую организацию. Израсходованные картриджи аналогично были разобраны на отдельные комплектующие (пластик, винты, графит и т.д.) и были отправлены в соответствующие организации.

### **6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации делятся на три типа: природного происхождения, биолого-социального характера, техногенного характера. Возможными ЧС в Томске могут быть сильные морозы, диверсии и пожары.

В Томске преобладает континентально-циклонический (переходный от европейского умеренно континентального к сибирскому резко

континентальному) климат. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.) отсутствуют. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Кроме того, необходимо иметь альтернативные источники тепла, электроэнергии и транспорта.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

#### **6.4.1 Пожарная безопасность**

Согласно НПБ 105-03 класс или офисное помещение относится к категории В - горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б. По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и

неэлектрического характера. Основной причиной возникновения пожара неэлектрического характера в офисном помещении может стать халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня). Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Согласно общим требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 для устранения причин возникновения пожаров в помещении должны проводиться следующие мероприятия:

- 1) Использование только исправного оборудования;
- 2) Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- 3) Назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
- 4) Издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- 5) Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- 6) Курение в строго отведенном месте;
- 7) Содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Воздушно-пенные огнетушители очагов пожара, без наличия электроэнергии. Углекислотные и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый закачной огнетушитель ОП-3. Тушение электроустановок нужно производить на расстоянии не менее 1 метра (имеется

в виду расстояние от сопла огнетушителя до токоведущих частей). Зарядку порошковых огнетушителей следует производить один раз в пять лет. При возникновении необходимости ремонта или зарядки, следует обращаться в специализированные фирмы.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (Приложение А).

## **6.5 Выводы и рекомендации**

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где была разработана магистерская диссертация, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет всем нормативным требованиям. Кроме того, действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму, т.е. микроклимат, освещение и уровень шума соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно экологической безопасности можно сказать, что деятельность помещения не представляет опасности окружающей среде.

## Conclusion

In this study, we researched the investment portfolio, composed of futures for shares of MMC Norilsk Nickel (GMKR), Gazprom (GAZR), Sberbank (SBRF) and the RTS index (RTS). Its basic mathematical characteristics were calculated.

In the STATISTICA package, a preliminary selection of distributions was made, which showed that four parametric distributions are most suitable. Also in this paper, we evaluated the parameters of marginal distributions using the Nelder-Mead method.

Using the information criteria of Akaike and Bayes, copula models were selected in the form of paired copulas of Gumbel, Clayton-Gumbel, Student and Frank. D-vine was chosen as the model structure.

A statistical test showed that the resulting copula model may belong to one of the four previously selected parametric distributions.

For the selected assets RTS, SBRF, GAZR, GMKR, an optimal CVaR-portfolio with weights was found  $\{0.050; 0.014; 0.384; 0.452\}$ . A CVaR curve was simulated, which showed that the resulting copula model is conservative.

This study contains three innovations. First, we showed that the D-vine copula can be used to represent multidimensional dependence in short time series (only 504 observations), while the use of copula was studied only in relation to long-term observations [19]. Secondly, we used marginal distributions that are different from normal: hyperbolic, Johnson, and Meixner. Stoyanov et al. [23] consider a similar problem using only symmetric versions of Student's distributions and the stable distribution, as well as the generalized normal distribution.

Assessment of resource efficiency of work showed that our project is more efficient than work [40]. Small and medium-sized companies (banks), as well as private investors, were identified as potential consumers of the project.

In the section of social responsibility, an analysis of harmful and dangerous factors was carried out. As a result of the analysis, the room in which our study was carried out was found suitable for work.

## **Publications**

Мытницкая М.В. Построение многомерного распределения доходностей с использованием копула-функций / М.В. Мытницкая // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине (ФТПНПМ-2019) : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 30 сентября – 04 октября 2019 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – [С. 92].



## References

1. Hoeffding D. (1940). Masstabinvariante Korrelationstheorie. Schriften des Mathematischen Seminars und des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität, 5, 181 – 233.
2. Sklar A. (1959). Fonctions de répartition à  $n$  dimensions et leurs marges. Publ. Inst. Statist. Univ. Paris, 8, 229 – 231.
3. Joe H. (1997). Multivariate models and dependence concepts. London: Chapman Hall.
4. Nelsen R. (1999). An introduction to copulas. Lecture Notes in Statistics. New York: Springer-Verlag
5. Fantazzini D. (2009a). A dynamic grouped T copula approach for market risk management. In: G. Gregoriou (ed.), A VaR Implementation Handbook, 253 – 282, McGraw-Hill: New York.
6. Fantazzini D. (2009b). The effects of misspecified marginals and copulas on computing the value at risk: A Monte Carlo study. Computational Statistics and Data Analysis, 53 (6), 2168 – 2188.
7. Fantazzini D. (2010). Three-stage semi-parametric estimation of T-copulas: Asymptotics, finite-sample properties and computational aspects. Computational Statistics and Data Analysis, forthcoming.
8. Salvadori G., De Michele C. (2007). On the use of copulas in hydrology: Theory and practice. Journal of Hydrologic Engineering, 12 (4), 369 – 380.
9. Zhang L., Singh V. (2006). Bivariate flood frequency analysis using the copula method. Journal of Hydrologic Engineering, 11 (2), 150 – 164.
10. E. Limpert and W.A. Stahel. “Problems with Using the Normal Distribution – and Ways to Improve Quality and Efficiency of Data Analysis”. English. In: PLoS ONE 6.7(2011), pp.1—8.
11. Ane Th., Kharoubi C. (2003): Dependence Structure and Risk Measure// Journal of Business. Vol. 76. №3. P. 411–438.

12. Alexander C., Pezier J. (2003): Assessment and Aggregation of Banking Risks. 9th Annual Round Table International Financial Risk Institute (IFRI). [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.gloriamundi.org/library\\_journal\\_view.asp?journal\\_id=6828](http://www.gloriamundi.org/library_journal_view.asp?journal_id=6828), свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: июнь 2019 г.).
13. E. C. Brechmann and U. Schepsmeier. “Modeling Dependence with C- and D-Vine Copulas: The R Package CDVine”. English. In: Journal of Statistical Software 52.3 (2013), pp. 527—556.
14. European Banking Authority. Final Draft RTS on AMA Assessment for Operational Risk. English. Tech. rep. European Banking Authority, June 2015, pp. 1—98. URL: <https://www.eba.europa.eu/documents/10180/1100516/EBA-RTS-2015-02+RTS+on+AMA+assessment.pdf>.
15. Nelsen R. (2006): An Introduction to Copulas. N.Y.: Springer.
16. Schmidt R. (2002). Tail dependence for elliptically contoured distributions. Mathematical Methods of Operations Research, 55 (2), 301 – 327.
17. X. Chen and Y. Fan. “Estimation of copula-based semiparametric time series models”. English. In: Journal of Econometrics 130 (2006), pp. 307—335.
18. A. Patton. “Modeling asymmetric exchange rate dependence”. English. In: International Econometric Review 47 (2006), pp. 527—556.
19. A. Lourme and F. Maurer. “Testing the Gaussian and Student’s t copulas in a risk management framework”. English. In: Economic Modelling (2016). URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2016.12.014>.
20. J. Fermanian and O. Scaillet. “Nonparametric estimation of copulas for time series”. English. In: Journal of Risk 5.4 (2003), pp. 25—54.
21. Yang L., Frees E.W., Zhang Z. “Nonparametric estimation of copula regression models with discrete outcomes”. English. In: Journal of the American Statistical Association (2019), pp. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1080/01621459.2018.1546586>

22. E. Kole, K. Koedijk, and M. Verbeek. “Selecting copulas for risk management”. English. In: *Journal of Banking & Finance* 31.8 (2007), pp.2405—2423.
23. S. Stoyanov, S. Rachev, and F. Fabozzi. “CVaR sensitivity with respect to tail thickness”. English. In: *Journal of Banking & Finance* 37.3 (2013), pp.977—988.
24. J. Dißmann et al. “Selecting and estimating regular vine copulae and application to financial returns”. English. In: *Computational Statistics & Data Analysis* 59.1(2013), pp.52—69.
25. J.L. Myers and A.D. Well. *Research Design and Statistical Analysis* (2nd ed.) English. Lawrence Erlbaum, 2003, p.508.
26. M.G. Kendall. *Rank Correlation Methods* .English .London :Griffin,1970
27. O. Barndorff-Nielsen and P. Blæsild. “Hyperbolic distributions”. English. In: *Encyclopedia of Statistical Sciences* 3(1983), pp.700—707.
28. W. Schoutens. *Meixner Processes: Theory and Applications in Finance*. English. Eurandom Report 2002-004. Eindhoven, Netherlands: Eindhoven, 2002.
29. Bedford T, Cooke RM (2001). “Probability Density Decomposition for Conditionally Dependent Random Variables Modeled by Vines.” *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 32, 245–268.
30. Bedford T, Cooke RM (2002). “Vines – A New Graphical Model for Dependent Random Variables.” *The Annals of Statistics*, 30, 1031–1068.
31. Kurowicka D, Cooke RM (2006). *Uncertainty Analysis with High Dimensional Dependence Modelling*. John Wiley & Sons, Chichester.
32. Kurowicka D, Joe H (2011). *Dependence Modeling: Vine Copula Handbook*. World Scientific Publishing Co., Singapore.
33. Aas K., Czado C., Frigessi A., Bakken H. (2009). Pair-copula constructions of multiple dependence. *Insurance: Mathematics and Economics*, 44 (2), 182 – 198.

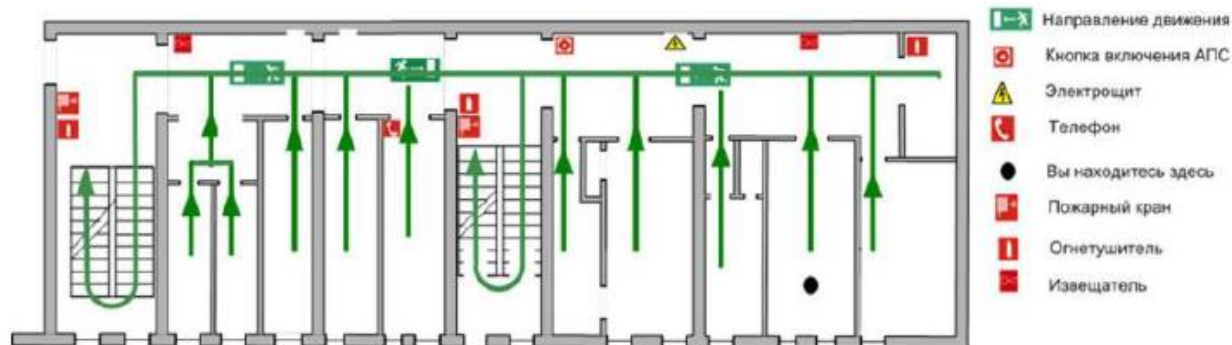
34. R. Cooke, D. Kurowicka and K. Wilson. “Sampling, conditionalizing, counting, merging, searching regular vines”. English. In: Journal of Multivariate Analysis 138(2015), pp.4—18.
35. C. Czado. “Pair-copula constructions of multivariate copulas”. English. In: Copula theory and its applications. Springer, 2010, pp.93—109.
- 36.
37. Д. Фантаццини. «Моделирование многомерных распределений с использованием копула-функций. I». В: Прикладная эконометрика 22.2 (2011), с.98—134.
38. Д. Фантаццини. «Моделирование многомерных распределений с использованием копула-функций. II». В: Прикладная эконометрика 23.3 (2011), с.98—132.
39. Пеникас Г.И. Модели «копула» в приложении к задачам финансов // Журнал Новой Экономической Ассоциации. 2010. № 7. С. 24 44.
40. Смагулов Д. С. Копулярные модели для оценки инвестиционного риска: магистерская диссертация / Д. С. Смагулов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ), Отделение экспериментальной физики (ОЭФ) ; науч. рук. М. Е. Семенов. — Томск, 2018.
41. Тей К. Разработка статистических тестов для VaR и CVaR : магистерская диссертация / К. Тей ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ), Отделение экспериментальной физики (ОЭФ) ; науч. рук. М. Е. Семенов. — Томск, 2019.
42. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
43. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

44. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
45. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
46. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
47. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
48. ГОСТ 12.1.003-2014 ШУМ. Общие требования безопасности
49. ГОСТ 12.1.019-2017. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
50. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
51. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования
52. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
53. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

## Приложение А

### План эвакуации в случае пожара

#### ПЛАН ЭВАКУАЦИИ 2-го этажа



Ответственный за эвакуацию и  
включение системы оповещения

Действия при пожаре Сохранять спокойствие			
1	Сообщить по телефону		<ul style="list-style-type: none"> <li>Адрес объекта</li> <li>Место возникновения пожара</li> <li>Свою фамилию</li> </ul>
2	Эвакуировать людей		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ориентироваться по знакам направления движения</li> <li>Взять с собой пострадавших</li> </ul>
3	По возможности принимать меры по тушению пожара		<ul style="list-style-type: none"> <li>Использовать средства противопожарной защиты</li> <li>При необходимости обеспечить помещение</li> </ul>

## Приложение В

(справочное)

### Using copular models to solve the problems of forming an investments portfolio

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM81	Мытницкая Мария Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов М.Е.	к. ф. – м. н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Южакова М.А.			